

携帯端末を利用するアドホックグループのための Orientation-Awareな情報共有環境

塩見 和則¹ 高田 秀志²

概要: スマートフォンやタブレット端末の普及により、電子端末を持ち寄った対面協調作業を行う機会が増えている。そのなかでも特に、不定期に発生するアドホックな対面協調作業は参加人数が比較的少なく、作業時間が短いため、電子端末間で P2P のネットワークを構築して情報を共有する方法がとられている。電子端末間の情報共有において、操作数が少なく、習得が容易である直感的操作を活用することは有用であると考えられるが、これまで行われてきた電子端末間の情報共有に関する研究は、グループの形状や作業環境に依存しており、適用できる場面が制限されている。そこで、本研究では、複数人のインタラクションにおいて発生すると言われている F 陣形と呼ばれる配置を考慮し、精度、場所的制約の解消、グループの形状制約の解消の 3 つの要件を満たす情報共有環境を、端末内蔵のセンサとカメラを用いて実現する。

キーワード: モバイル端末, 対面協調作業, デバイス間情報共有, アドホックグループ, ユーザインタフェース

An Orientation Aware Information Sharing Environment for Ad-hoc Groups Using Portable Terminals

SHIOMI KAZUNORI¹ TAKADA HIDEYUKI²

Abstract: The advancement of multi-touch devices has paved the way to provide a rich quality and highly convenient daily lives. In ad-hoc face-to-face cooperative work, people share information by constructing a P2P network because of a relatively small number of participants and short activity time. Although an intuitive interface enables users to share information effectively, previous studies assume that users face each other and work on a flat shared surface. We present a method to form a co-located group with detection of relative position using sensors and camera image considering user arrangement of F-formation. This method has advantages of high accuracy of position recognition, independently of work environment and arrangement of users.

Keywords: mobile device, co-located collaborative work, cross-device, ad-hoc group, user interface

1. はじめに

近年、スマートフォンやタブレット端末といったタッチパネルを搭載した電子端末の普及に加え、これらの電子端末では、データの保有や複製が容易であることから、文書

の電子化が進んでいる。これにともない、複数人が同じ場所に集まって行う対面協調作業において、電子データを他者と共有する場面が増えている。

対面協調作業は、学校の授業やオフィスの会議のような予期されているものと、前触れなくアドホックに発生する予期されていないものに分けられる。アドホックに発生した対面協調作業では、同じ目的を持ったグループが一時的に形成される(以下、このようなグループを「アドホックグループ」と呼ぶ)。アドホックグループは、構成する参加

¹ 立命館大学大学院 情報理工学研究所
Graduate School of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University

² 立命館大学 情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Rit-
sumeikan University

者数が少なく、作業期間が一時的であるため、電子端末間で P2P のネットワークを構築して電子データを共有する方法が一般的にとられている。

複数の電子端末を無線通信で接続する場合、相手端末名を知る必要があるのに加え、接続する端末をリストから選択する必要がある。また、電子データを送信する場合にも同様の操作が必要であるため、操作が煩雑になり容易に電子データの共有が行われていない。容易な電子データの共有が実現されると、円滑に作業を進めることができ、意思決定や合意形成の効率が向上すると考えられる。

対面協調作業において、参加者間の情報共有を支援する環境として、テーブルトップ PC や Kinect のような付属機器を利用したものがある [1][2]。しかし、付属機器の移動や設置が困難であるため、利用場所が制限される。アドホックに発生する対面協調作業では、作業場所をあらかじめ想定することが不可能であるため、付属の機器を用いず各参加者が所持している携帯端末のみで情報共有を支援することが望ましいと考えられる。

そこで、本研究では、送信する相手の方向に指をはじくフリック操作に着目し、フリック操作による情報送信を可能にすることで、直感的に他者と情報共有が可能な環境を各参加者が所持している携帯端末のみで構築する。フリック操作による情報送信を実現するためには、送信元端末が送信先端末の位置を認識しておく必要がある。これまでに、参加者名と紐付いたアイコンをドラッグ操作で移動させることで位置関係を認識させている研究があるが [3][4]、手動による位置設定は人的要因により、実際とは異なった位置を設定する可能性がある。その場合、期待した相手に情報が送信されず、参加者間の円滑なコミュニケーションが損なわれる。また、これまでに端末間の位置関係の認識に関する研究がいくつか進められているが、作業を行うグループの形状や作業環境に依存しているため、適用環境が限定されている。

本稿では、各参加者が所持している端末のカメラ、加速度センサ、ジャイロスコープを用いることにより、アドホックに発生する対面協調作業を支援する情報共有環境を構築する。本環境は、自身が保有している携帯端末のカメラで相手端末を検出することで、端末間の相対的な位置関係の認識を可能にする。また、認識した各端末の方向とフリック方向を対応付けることで、直感的な情報送信を可能にする。本環境は、グループの形状や作業環境に依存せずに実現することが可能であるという点で有用であると考えられる。

2. 携帯端末を利用する対面協調作業

2.1 対面協調作業の分類と情報共有支援

コンピュータにより人間の協調作業を支援する CSCW(Computer Supported Cooperative Work) の分野

	時間	リアルタイム	非同期
空間	対面		
	分散		

	規則性	定期 scheduled	不定期 non-scheduled(ad-hoc)
空間	対面 meeting	大規模な人数 長時間作業	小規模な人数 短時間作業

図 1 対面協調作業の分類と特徴

において、協調作業は場所の同一性に基づいて、対面協調作業と分散協調作業に分類される。対面協調作業は互いに行動が目視できる距離で行われる協調作業であり、参加者は身振りや視線などのノンバーバルな情報を容易に利用可能である。

本研究では、図 1 に示すように、「作業発生の規則性」に基づいて対面協調作業を更に分類する。学校の授業やオフィスの会議のような対面協調作業は定期的に発生するため、予期されている対面協調作業と言える。一方で、同じ目的を持った人間が必要に応じて集まり、偶発的に行うアドホックな対面協調作業がある。これらの対面協調作業の特徴として、予期されている協調作業は、同じ空間内に参加者が多く存在し、作業時間も長い。これに対して、アドホックな対面協調作業は、参加者人数が比較的少なく、作業を行う時間が短い場合が多い。森岡らは、任意の場所における任意の相手との対面作業の特徴を Nomadic Collaboration として、以下のようにまとめている [5]。

- 時と場所を選ばず、偶発的に行われる
- 参加者同士は双方向にコミュニケーションをとる
- 交換される情報は簡易なものである

このような特徴から、情報共有方法に関して、参加者が持つ携帯端末同士を通信させる P2P 方式が適用されるケースが多くなっている。しかし、Bluetooth や Wi-Fi 等の無線通信を用いる場合、ペアリング先の端末を選択する際に、あらかじめ端末名を知る必要があるのに加え、接続する端末をリストから選択する操作が必要である。また、電子データを送信する際も、同様にリストから端末を選択する必要がある。このような問題に対して、本研究では、容易な携帯端末同士の連携、および、即時的な情報共有の実現を目指す。

2.2 アドホックグループを対象とした情報共有支援

これまでに、アドホックグループの情報共有支援を目的にした研究が行われている。

SurfaceLink[6] は、携帯端末が並べられた机上で手を擦り、発生した音と振動を時系列に記録することで送信端末と受信端末を特定し、容易な情報共有を実現している。HoverLink[7] では、携帯端末同士を接触させた際の加速度の変化を利用した、容易なペアリング手法が提案されてい

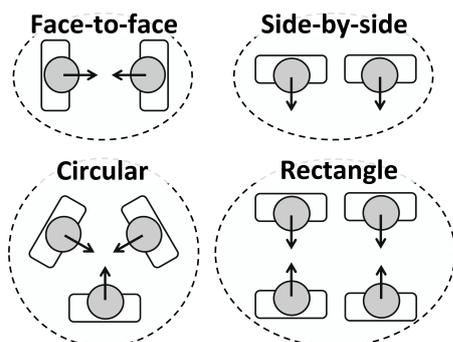


図 2 複数人のインタラクションにおける身体配置

る。いずれの研究も携帯端末が平面に接地している状態にあることが前提となっているため、共有机上で作業を行うことを想定したものと言える。企業が実施するグループディスカッションや、教育におけるグループワークのような、予期された対面協調作業の場では、共有機があらかじめ用意されていることが一般的であるため、携帯端末を平面に接地することは可能である。しかし、アドホックな対面協調作業は共有機が存在しない場合も考えられ、その場合は携帯端末を把持する必要があるため、これらのシステムは適用することができない。

これらに対して、RealSense[8]は、携帯端末に内蔵されている方位センサのみを用いて周辺端末との相対角度を認識した上で、スワイプ操作による情報共有を実現している。Orienteer[9]は、携帯端末利用時に背面カメラが下を向く現象を利用しており、カメラの映像からグループ参加者の足の向きを検知することで各参加者の位置関係を認識している。これらのシステムは、参加者が所持している携帯端末を把持している状態で適用可能であり、作業環境に依存していないという点で有用である。しかし、グループの各参加者が対面である場合のみ適用できるという制約がある。複数人によるインタラクションでは、各参加者の互いの間に一定の空間を維持しながら、異なった身体配置を取る F 陣形と呼ばれる概念が存在する [10]。図 2 に示すように、F 陣形には参加者同士が対面するような形の他にも、並んで同一の方向に身体を向ける形があるため、そのようなグループの形状も考慮する必要がある。

これらを踏まえ、参加者の身体位置や作業環境に依存せず、容易に参加者間で情報共有が可能な環境を構築する。本研究では、携帯端末のタッチパネル上で画面上のコンテンツをはじく操作であるフリック操作を適用する。ここでは、送信元の携帯端末の画面上で送信相手のいる方向へフリックすることで、直感的に送信先を指定して情報送信する方法を用いる。この方法では、送信元の端末が各端末がどの方向に存在するのかを認識しておく必要がある。このように、フリック操作のような直感的な操作方法による情報共有を実現するためには、各端末が他端末との位置関係を認識した、Orientation-Aware な環境が必要となる。本

稿では、携帯端末のカメラ、および、各種センサを用いて、参加者の身体位置や作業環境に依存せず位置関係の認識が行え、容易に参加者間で情報共有が可能な環境を提案する。

3. 携帯端末のカメラを利用した Orientation-Aware な情報共有環境

3.1 要件事項

本研究における Orientation-Aware な情報共有環境の要件事項は以下の 3 つである。

精度

正確な参加者の位置を認識可能であり、期待した相手に情報送信が可能であること

場所的制約の解消

共有機の有無に関わらず、いつでもどこでも対面協調作業が実現可能であること

形状制約の解消

対面や横並びなど、グループの形状に関わらず実現可能であること

本研究では、参加者が持つ携帯端末さえあれば実現可能となるように、付属機器を必要としない位置認識機構を構築する。さらに、直感的な情報送信を実現するためにフリック操作を利用した機能を構築する。

3.2 システム概要

3.2.1 近隣端末の位置認識

フリック操作のような直感的なジェスチャ操作による情報送信を実現するためには、各端末の位置関係を認識しておく必要がある。Shuriken[11]では、携帯端末内蔵の電子コンパスを利用して、容易な位置関係の認識を実現している。しかし、電子コンパスによる測量に関して精度の低さが示唆されている。また、AirLink[12]では、空中でのジェスチャ操作による音の周波数の変化を利用した位置関係の認識が実現されているが、バッテリー消費量の問題が示唆されており、実用性に問題があると考えられる。

本システムでは、図 3 のように、グループの参加者同士が所持している携帯端末を向き合わせた時、携帯端末は相手が存在している方向を向いている現象を利用する。ここでは、携帯端末に搭載されているカメラで相手の端末を認識し、その時の加速度センサー、ジャイロスコプを組み合わせたモーションセンサから得られる端末角度を相手端末との相対角度とすることで、位置関係を持った端末グループの形成を行えるようにする。

3.2.2 フリック操作による情報送信

複数人が同一場所に集まって行う Web 検索を行う作業において、他の参加者にとって有益そうな情報を見つけた場合や、自分が調べた情報を伝える場合に参加者間で情報を共有する。また、自身の携帯端末が保有している写真といった電子データを他者に共有する場面がある。



図 3 カメラによる端末検出

本システムでは、渡したい相手のいる方向へフリック操作することで、直感的に情報を送信することを可能にする。ここでは、フリック操作による角度とカメラにより認識した各端末の相対角度を比較することで送信先の端末を決定する。フリック操作により情報を送信する際に、自身の端末を送信する相手の方向に向ける場合が考えられる。その場合、自身の端末と他端末の位置関係が変わるため、端末の向きの変更に合わせて位置関係の更新が必要である。

3.3 実装

3.3.1 近隣端末の位置認識

本環境では、上記のグループ形成を行う携帯端末として、Apple 社の iPad を用いる。また、iPad 間の P2P 通信を実現するために、MultipeerConnectivity フレームワークを利用する。まず、iPad に搭載されているカメラ映像の中から認識する対象として、あらかじめ Apple ロゴの画像を登録する。ここでは、マーカーレスの画像認識を行うために metaioSDK を用いる。ロゴを検出したさい、CoreMotion フレームワークから得られる 3 軸角度センサの yaw 方向の値を、携帯端末間の相対角度として取得する。取得した相対角度は、端末から見て正面を 0° とし、右方向に正の角度、左方向に負の角度を割り当てている。

カメラで認識している端末の特定は、端末同士で互いに認識している時間を用いる。本環境において、各端末はカメラで端末を認識している状態である端末認識状態と、認識していない状態である端末非認識状態の 2 つの状態を持っている。カメラによる認識が行われると、各端末は認識開始時の時刻を自身の端末に記録した上で、他端末に時刻の通知を行う。通知された情報を受け取った端末は、自身が端末認識状態である場合、通知された時刻と自身の端末で記録している時刻から差分を算出し、設定した閾値内に収まっている端末を対面にいる端末として特定する。

3.3.2 フリック操作による情報送信

図 4 のように、フリック操作による角度 θ_{Flick} は、画面をタッチした際に発生するタッチイベントから始点と終点の座標を取得することで計算する。得られたフリック操作による角度と、送信元の端末と各端末との相対角度の差分

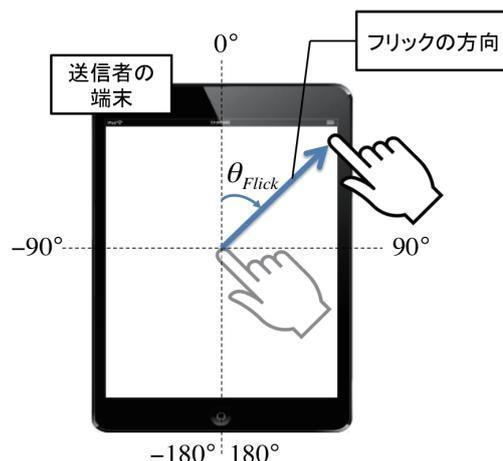


図 4 フリック操作による角度

を取り、最も差分値が小さい端末を送信先とする。ただし、誤って端末が存在しない方向にフリックをした場合、いずれかの端末に送信されてしまうのを防ぐため、閾値をあらかじめ設定しておき、差分値が閾値を上回る場合は送信しないようにしている。

4. 実験

4.1 位置関係の認識精度

我々はすでに位置関係の認識精度の実験結果を報告している [13]。本節では、その報告内容から引用して述べる。

4.1.1 実験概要

本手法において、位置関係の認識は、端末内蔵のモーションセンサの値に基づいている。そのため、本手法の実現性はモーションセンサの精度に委ねるところが大きい。

そこで、本手法を適用したグループ形成が行われることを想定した仮想環境下で、モーションセンサによる位置関係の認識を行った上で、認識精度の調査を行う。本実験で構築した仮想環境では、5 つの方向 (右, 右上, 正面, 左上, 左) に iPad を図のように配置している。カメラによる認識を行う Scan Peer に対して、他の iPad との距離は 30-45[cm] であり、正面の iPad を 0° 、右上と左上の iPad を $\pm 30^\circ$ 、左右の iPad を $\pm 90^\circ$ の角度で配置している。

本実験では、右回り (左 左上 正面 右上 右)、左回り (右 右上 正面 左上 左)、振り子状 (正面 左上 右上 左 右) の 3 つの順序パターンでカメラによる認識を、各順序パターンに対して 30 回ずつ合計 90 回行った。

4.1.2 実験結果

試行ごとの計測値を図 6、各方向に対する最大値と最小値を表 1 に示す。結果から、左右の端末におけるモーションセンサの計測値は、他の方向の計測値に比べてばらつきが大きくなったが、各方向に対して、モーションセンサの値は一定の範囲内におさまっており、それぞれの範囲は重複がなく排他的であることが確認できた。このことから、モーションセンサの値を 5 方向に区分することが可能で

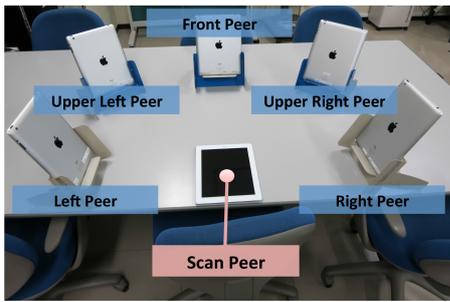


図 5 仮想環境

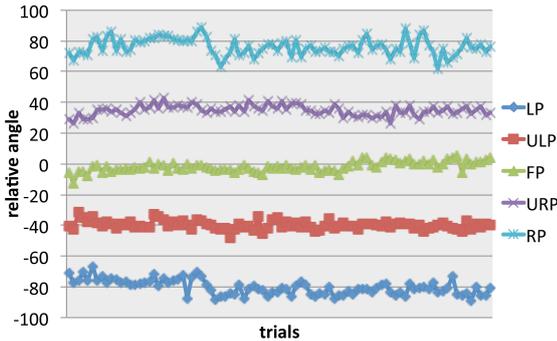


図 6 試行ごとのモーションセンサ値

表 1 最大値と最小値

	LP	ULP	FP	URP	RP
最大値	-67.0	-31.4	5.6	43.1	89.0
最小値	-89.0	-47.8	-12.5	26.0	61.7

ある。

4.2 フリック操作による情報送信の正確性

4.2.1 実験概要

本手法で適用しているフリック操作による情報送信では、送信する相手の位置を意識して、タッチパネル上で操作を行う必要がある。そこで、位置関係の認識精度の実験で用いた仮想環境において、送信したい相手に情報を正確に送信することができるかを定量的に評価する実験を行った。

被験者は、情報系の大学生および大学院生 6 名である。まず被験者には、Scan Peer を用いて 5 つの方向に配置している iPad をカメラにより認識してもらった。次に、被験者にフリック操作による情報送信を行ってもらった。本実験では、被験者はどの端末に送信すべきかを画面上で指示される。送信先は各方向それぞれ 10 回ずつランダムで選択され、選択された方向に配置している端末を意識してもらいながら、フリック操作を行ってもらった。

4.2.2 実験結果

フリックによる情報送信がどの程度正確に行えたかの結果を表 2 に示す。結果の項目は、正しい端末に送信された回数と誤った相手に送信された回数で示されている。今回の実験では、合計 300 回の情報送信のうち、正しい相手に送信された回数は 293 回であり、情報送信の精度 (正しい

表 2 フリック操作による情報送信の結果

送信者	送信先	結果	送信者	送信先	結果
被験者 1	右	10/0	被験者 4	右	10/0
	右上	10/0		右上	10/0
	正面	10/0		正面	10/0
	左上	10/0		左上	10/0
	左	10/0		左	10/0
被験者 2	右	10/0	被験者 5	右	10/0
	右上	10/0		右上	8/2
	正面	10/0		正面	10/0
	左上	10/0		左上	10/0
	左	10/0		左	10/0
被験者 3	右	10/0	被験者 6	右	10/0
	右上	8/2		右上	10/0
	正面	9/1		正面	10/0
	左上	8/2		左上	10/0
	左	10/0		左	10/0

相手に送信された回数/全体の送信回数) は 97.6[%] であった。誤った相手に送信された回数は 7 回であり、誤り率 (誤った相手に送信された回数/全体の送信回数) は 2.3[%] であった。この結果から、フリック操作によって期待した相手に情報を送信できていると考えられる。

誤った相手に送信してしまった場合について、被験者 3 が誤った相手に送信した際のフリック操作の角度を確認してみると、明らかに間違った方向にフリックしていることが分かった。このことから、画面上で指示された方向を勘違いしたことが原因であり、認識精度が直接関係していないと考えられる。一方で、被験者 5 の右上方向へのフリック角度は 49° から 56° の範囲に収まっており、端末認識の際に設定された相対角度は右上方向が 31° であることから、フリック角度と右上方向の相対角度に多少の差異が生じたことで誤った相手に送信されてしまったと考えられる。

今回の実験の結果では、概ね正しい相手に情報が送信できることが示されたが、グループ内の参加者の位置関係が変わると情報送信の精度も変わると考えられる。例えば、参加者間の距離が近い場合、間違った相手に誤送信する場合も発生すると考えられる。今回の実験では、参加者間の距離が比較的離れていることを想定した端末の配置となっていたため、近い距離でグループ作業を行う場合も検討する必要がある。

5. おわりに

本研究では、対面協調作業のなかでもアドホックに発生する対面協調作業を対象に、携帯端末間の情報共有支援として、携帯端末内蔵のカメラとモーションセンサを用いた情報共有環境を提案した。提案した情報共有環境は、作業環境やグループの形状に依存しないという点で有用である

と考えられる．端末内蔵のセンサを用いた位置関係の認識と，フリック操作による情報送信の正確性に関する実験を行った結果，正確な位置認識、情報送信ができていたことが示された．今後は，カメラによる認識作業においてユーザに掛かる負荷を評価するとともに，参加者の加入や離脱に伴うグループ内の各参加者の位置関係の変化に関する検討を行う．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25330249 の助成を受けたものである．

参考文献

- [1] Meredith Ringel Morris ,Jarrod Lombardo ,Daniel Wigdor: WeSearch: Supporting Collaborative Search and Sensemaking on a Tabletop Display , In Proc . CSCW'10 , pp.401-410 , (2010) .
- [2] Nicolai Marquardt , Ken Hinckley , Saul Greenberg: Cross-Device Interaction via Micro-mobility and Formations , In Proc . UIST ' 12 , pp.13-22 , (2012) .
- [3] Tero, Jokela ,Andres Lucero: FlexiGroups: Binding Mobile Devices for Collaborative Interactions in Medium-Sized Groups with Device Touch , In Proc . CHI ' 14 , pp.369-378 , (2014) .
- [4] 桑野 元樹 ,森口 友也 ,高田 秀志: 方向を意識したフリック操作による情報送信機能を備えた協調検索ツールの構築 , 第 84 回 GN 研究会 , Vol.2012-GN-84 No.5 , (2012) .
- [5] 森岡靖太 ,村井信哉 ,田仲史子 ,杉川明彦: 使用場所の制約のない対面会議支援システム , 電子情報通信学会技術研究報告 , Vol97 , No.412 , pp.19-24 , (1997) .
- [6] Mayank Goel , Brendan Lee , Md . Tanvir Islam Aumi , Shwetak Patel ,Gaetano Borriello ,Stacie Hibino ,James Begole: SurfaceLink: Using Inertial and Acoustic Sensing to Enable Multi-Device Interaction on a Surface , In Proc . CHI'14 , pp.1387-1396 , (2014) .
- [7] Takuro Kuribara ,Buntarou Shizuki ,Jiro Tanaka ,Hover-Link: Joint Interactions using Hover Sensing Capability , In Proc . CHI'15 , pp.1651-1656 , (2015) .
- [8] Chien-Pang Lin ,Cheng-Yao Wang ,Hou-Ren Chen ,Wei-Chen Chu ,Mike Y . Chen: RealSense: Directional Interaction for Proximate Mobile Sharing Using Built-in Orientation Sensors , In Proc . MM'13 , pp.777-780 , (2013) .
- [9] David Dearman , Richard T . Guy , Khai N . Truong: Determining the Orientation of Proximate Mobile Devices using their Back Facing Camera , In Proc . CHI'12 , pp.2231-2234 , (2012) .
- [10] Adam Kendon: Spacing and orientation in co-present interaction , In Proc . COST'09 , pp.1-15 , (2009) .
- [11] Jonathan Chung ,Adiyan Mujibiya: Shrunken: User Grouping and Data Transfer for Collaborative Shopping and Offline Meetings Based on Inter-Device Relative Positioning , In Proc . CSCW'15 Companion , pp.151-154 , (2015) .
- [12] Ke-Yu Chen , Daniel Ashbrook , Mayank Goel , Sung-Hyuck Lee , Shwetak Patel: AirLink: Sharing Files Between Multiple Devices Using In-Air Gestures . In Proc . UbiComp'14 , pp.565-569 , (2014) .
- [13] 塩見 和則 ,高田 秀志: 携帯端末のカメラを用いた相対位置検出による柔軟な端末グループ作成 , 第 93 回 GN 研究会 , Vol.2014-GN-093 , (2015) .